



PCT/FR 2004/050758

28 DEC. 2004

BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

COPIE OFFICIELLE

REC'D 04 MAR 2005

WIPO

PCT

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le 15 NOV. 2004

Pour le Directeur général de l'Institut
national de la propriété industrielle
Le Chef du Département des brevets

DOCUMENT DE PRIORITÉ

PRÉSENTÉ OU TRANSMIS
CONFORMÉMENT À LA
RÈGLE 17.1.a) OU b).

Martine PLANCHE

INSTITUT
NATIONAL DE
LA PROPRIÉTÉ
INDUSTRIELLE

SIEGE

26 bis, rue de Saint-Petersbourg
75800 PARIS cedex 08
Téléphone : 33 (0)1 53 04 53 04
Télécopie : 33 (0)1 53 04 45 23
www.inpi.fr

ETABLISSMENT PUBLIC NATIONAL

CRÉE PAR LA LOI N° 51-444 DU 19 AVRIL 1951





BREVET D'INVENTION CERTIFICAT D'UTILITE

26bis, rue de Saint-Petersbourg
75800 Paris Cédex 08
Téléphone: 01 53.04.53.04 Télécopie: 01.42.94.86.54

Code de la propriété intellectuelle-livre VI

REQUÊTE EN DÉLIVRANCE

DATE DE REMISE DES PIÈCES: N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL: DÉPARTEMENT DE DÉPÔT: DATE DE DÉPÔT:	Jean LEHU BREVATOME 3, rue du Docteur Lancereaux 75008 PARIS France
Vos références pour ce dossier: B 14448 PM DD 2608	

1 NATURE DE LA DEMANDE			
Demande de brevet			
2 TITRE DE L'INVENTION			
		COMPOSANTS OPTIQUES ET LEUR PROCEDE DE REALISATION	
3 DECLARATION DE PRIORITE OU REQUETE DU BENEFICE DE LA DATE DE DEPOT D'UNE DEMANDE ANTERIEURE FRANCAISE		Pays ou organisation	Date N°
4-1 DEMANDEUR			
Nom		COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE	
Rue		31-33, rue de la Fédération	
Code postal et ville		75752 PARIS 15ème	
Pays		France	
Nationalité		France	
Forme juridique		Etablissement Public de Caractère Scientifique, technique et Ind	
5A MANDATAIRE			
Nom		LEHU	
Prénom		Jean	
Qualité		Liste spéciale: 422-5 S/002, Pouvoir général: 7068	
Cabinet ou Société		BREVATOME	
Rue		3, rue du Docteur Lancereaux	
Code postal et ville		75008 PARIS	
N° de téléphone		01 53 83 94 00	
N° de télécopie		01 45 63 83 33	
Courrier électronique		brevets.patents@brevalex.com	
6 DOCUMENTS ET FICHIERS JOINTS		Fichier électronique	Pages Détails
Texte du brevet		textebrevet.pdf	22 D 16, R 5, AB 1
Dessins		dessins.pdf	10 page 10, figures 31, Abrégé: page 1, Fig.1
Pouvoir général			

7 MODE DE PAIEMENT					
Mode de paiement		Prélèvement du compte courant			
Numéro du compte client		024			
8 RAPPORT DE RECHERCHE					
Etablissement immédiat					
9 REDEVANCES JOINTES		Devise	Taux	Quantité	Montant à payer
062 Dépôt		EURO	0.00	1.00	0.00
063 Rapport de recherche (R.R.)		EURO	320.00	1.00	320.00
068 Revendication à partir de la 11ème		EURO	15.00	15.00	225.00
Total à acquitter		EURO			545.00

La loi n°78-17 du 6 janvier 1978 relative à l'informatique aux fichiers et aux libertés s'applique aux réponses faites à ce formulaire. Elle garantit un droit d'accès et de rectification pour les données vous concernant auprès de l'INPI.

Signé par

Signataire: FR, Brevatome, J.Lehu

Emetteur du certificat: DE, D-Trust GmbH, D-Trust for EPO 2.0

Fonction

Mandataire agréé (Mandataire 1)



BREVET D'INVENTION CERTIFICAT D'UTILITÉ

Réception électronique d'une soumission

Il est certifié par la présente qu'une demande de brevet (ou de certificat d'utilité) a été reçue par le biais du dépôt électronique sécurisé de l'INPI. Après réception, un numéro d'enregistrement et une date de réception ont été attribués automatiquement.

Demande de brevet : X

Demande de CU :

DATE DE RECEPTION	26 décembre 2003	Dépôt en ligne: X Dépôt sur support CD:
TYPE DE DEPOT	INPI (PARIS) - Dépôt électronique	
N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL ATTRIBUE PAR L'INPI	0351209	
Vos références pour ce dossier	B 14448 PM DD 2608	

DEMANDEUR

Nom ou dénomination sociale	COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE
Nombre de demandeur(s)	1
Pays	FR

TITRE DE L'INVENTION

COMPOSANTS OPTIQUES ET LEUR PROCEDE DE REALISATION

DOCUMENTS ENVOYES

package-data.xml	Requetefr.PDF	fee-sheet.xml
Design.PDF	ValidLog.PDF	textebrevet.pdf
FR-office-specific-info.xml	application-body.xml	request.xml
dessins.pdf	indication-bio-deposit.xml	

EFFECTUE PAR

Effectué par:	J.Lehu
Date et heure de réception électronique:	26 décembre 2003 15:45:12
Empreinte officielle du dépôt	EA:0B:45:E4:28:9E:72:A2:1F:6A:40:FD:BC:08:AC:B0:9C:D5:82:E3

/ INPI PARIS, Section Dépôt /

SIEGE SOCIAL
INSTITUT 26 bis, rue de Saint Petersbourg
NATIONAL DE 75800 PARIS cedex 08
LA PROPRIÉTÉ Téléphone : 01 53 04 53 04
INDUSTRIELLE Télécopie : 01 42 93 59 30

COMPOSANTS OPTIQUES ET LEUR PROCEDE DE REALISATION**DESCRIPTION****DOMAINE TECHNIQUE ET ART ANTERIEUR**

5 L'invention concerne le domaine de la réalisation de composants optiques.

En particulier elle s'applique à l'optique adaptative, où on déforme mécaniquement des membranes réfléchissantes pour corriger la phase d'un faisceau
10 lumineux.

Elle concerne également la réalisation de moyens d'actionnement mécanique en vue de la réalisation de membranes réfléchissantes ou de composants optiques.

15 Pour déformer une surface optique, on utilise une matrice d'actionneurs accrochée à une membrane réfléchissante.

On connaît des réalisations avec un seul niveau mécanique et optique, par exemple une membrane réfléchissante libre vis-à-vis d'une matrice d'électrodes. Des exemples en sont donnés dans le document US - 6108121 et dans l'article de G.Robert et al. « le micro-miroir adaptatif : un microcomposant d'optique adaptative », Second Forum Ademis, 1997, p.
20 161 - 165 . Ce procédé à un niveau (à la fois mécanique et optique) ne permet pas de découpler l'actionnement de la surface optique. Par exemple, on veut souvent à la fois une surface optique très souple pour corriger le faisceau et un actionneur très rigide pouvant
25 30 fonctionner à des fréquences supérieures au kHz pour

travailler en temps réel. Un seul niveau optique oblige à réaliser un compromis souvent difficile.

Sont également connues des réalisations à deux niveaux dont un niveau est optique, comme décrit par exemple dans les documents de R.Krishnamoorthy et al. « Statistical performance evaluation of electrostatic micro-actuators for a deformable mirror », SPIE Vol. 2881, p.35 - 44, et dans l'article de T.G.Bifano et al. « Continuous-membrane surface-micromachined silicon deformable mirror », Optical Engineering, Vol.36, p. 1354 - 1360, 1997. L'actionneur est réalisé dans un premier niveau mécanique et le deuxième niveau mécanique sert à la correction optique. Les 2 niveaux sont reliés par des plots mécaniques, qui peuvent être réalisés dans le même matériau que celui du niveau mécanique « optique » (par exemple en poly silicium), par technologie de surface, par exemple par technologie de surface en oxyde de silicium/poly silicium MUMPS. Cette technologie est un empilement de couches conformes avec, en dernière couche, la couche optique, dont la planéité est dégradée par les couches inférieures et par le fait même de réaliser les plots dans le même matériau.

Les plots peuvent aussi être réalisés dans un matériau différent de celui du niveau mécanique « optique », par report d'une membrane fine sur des actionneurs, comme décrit par exemple dans les documents de J.A.Hammer et al. « Design and fabrication of a continuous membrane deformable mirror », Proc. Of SPIE, Vol. 4985, p.259 - 270, grâce à l'utilisation de substrat SOI et de plots en indium, ou par report d'une

membrane comprenant déjà des plots, grâce à l'utilisation de substrat double SOI et scellement de ces membranes sur des actionneurs (comme décrit dans C.Divoux et al. « A novel electrostatic actuator for
5 licro deformable mirrors : fabrication and test »), ou encore à l'aide d'une membrane collée par une couche adhésive aux actionneurs piézoélectriques.

Dans tous les cas, on observe des problèmes d'empreintes de plots sur le côté optique de la
10 membrane, qui se traduit par une mauvaise planéité ou rugosité.

En outre les surfaces des plots peuvent parfois être importantes, ce qui nuit alors à la flexibilité de la membrane.

15 Il se pose donc le problème de trouver de nouveaux éléments ou moyens, notamment d'activation mécanique, permettant de réaliser de nouveaux composants optiques, notamment du type évoqué ci-dessus.

20 Il se pose aussi le problème de réaliser des composants du type évoqué ci-dessus et présentant des empreintes de plots réduites, et une planéité, ainsi qu'une flexibilité, améliorées.

EXPOSÉ DE L'INVENTION

25 L'invention concerne plus précisément un procédé de réalisation d'un système ou de moyens ou d'un dispositif d'actionnement comportant :

30 - la gravure d'une première face d'un composant, par exemple d'un substrat semi-conducteur, ou d'une couche mince formée en surface d'un tel substrat semi-conducteur, pour former des plots,

- la gravure d'une deuxième face du composant, pour réaliser ou dégager ou libérer une membrane dans le même matériau que les plots,

- la réalisation des moyens d'actionnement
5 des plots et de la membrane.

Le fait de graver d'abord une face du composant initial, puis l'autre face, permet de réaliser les plots, puis la membrane, dans une fraction
seulement de l'épaisseur initiale du composant.

10 Ainsi, la membrane et les plots peuvent avoir une épaisseur faible, par exemple une épaisseur totale inférieure à $30\mu\text{m}$, ou comprise entre $5\mu\text{m}$ et $15\mu\text{m}$.

L'invention permet donc de réaliser des
15 composants optiques à deux niveaux solidaires l'un de l'autre ; elle permet également de réaliser un niveau optique de très bonne qualité.

Le composant peut être en un matériau semi-conducteur ou en verre, et être muni d'une couche
20 superficielle de matériau semi-conducteur ou de nitrure dans lequel les plots et la membrane sont gravés.

Il peut aussi être de type SOI, comportant une couche superficielle de silicium, une couche d'isolant et un substrat, les plots et la membrane
25 étant réalisés dans la couche superficielle de silicium.

Il peut encore s'agir d'un substrat silicium recouvert d'une couche d'isolant et d'une couche de poly-silicium ou d'un substrat silicium
30 recouvert d'une couche de nitrure, les plots et la

membrane étant réalisés respectivement dans la couche d'isolant ou de poly-silicium ou de nitrure.

5 Selon encore une variante, il peut s'agir d'un substrat silicium dopé sur deux côtés, la membrane et les plots étant réalisés dans des portions dopées différemment l'une de l'autre.

Les moyens d'actionnement peuvent être de type électrique ou magnétique ou thermique.

10 Ils peuvent être en partie formés directement sur les plots, ou bien ils peuvent être réalisés sur un substrat ou un autre substrat, qui est ensuite assemblé avec le système d'actionnement.

15 L'invention concerne également un système d'activation mécanique, pour un composant optique, comportant :

- une membrane munie sur une de ses faces de plots intégralement formés avec la membrane,

- des moyens d'actionnement des plots et de la membrane.

20 La membrane et les plots peuvent être réalisés dans un composant tel que mentionné ci-dessus.

25 Un système selon l'invention peut avoir les dimensions déjà invoquées ci-dessus et être muni de moyens réfléchissants lui conférant des propriétés optiques.

BREVE DESCRIPTION DES FIGURES

- les figures 1 à 3 et 12 représentent un dispositif selon l'invention, ou des détails d'un tel dispositif,

- les figures 4A à 4E représentent des étapes de réalisation d'un dispositif selon l'invention.

5 - les figures 5A à 11 représentent des variantes de procédés de réalisation d'un dispositif selon l'invention.

DESCRIPTION DÉTAILLÉE DE MODES DE RÉALISATION DE L'INVENTION

10 Un premier mode de réalisation de l'invention est illustré sur les figures 1 et 2.

Sur ces figures, des moyens actionneurs, formant un premier niveau 10, sont couplés à un deuxième niveau 12 par des plots 14 de liaison.

15 Les moyens actionneurs permettent de mouvoir les plots et, donc, les éléments de ce deuxième niveau 12 liés aux plots.

Ces moyens actionneurs sont par exemple des électrodes 16, mobiles, qui agissent en combinaison avec des électrodes fixes 17 formées sous le premier
20 niveau 10. En variante l'actionneur peut aussi être constitué par des moyens magnétiques ou thermiques ou piézo-électriques.

Dans le cas de moyens magnétiques d'actionnement, la partie mobile d'un actionneur peut
25 être un aimant 30 ou une bobine collée sur un plot 14 avec, en vis-à-vis, respectivement, une bobine 32 ou un aimant, fixe, comme illustré sur la figure 3.

Dans le cas de moyens thermiques ou piézo-électriques d'actionnement, la partie mobile d'un
30 actionneur peut être une structure bilame réalisée avec une première et une deuxième couches, la deuxième

couche étant à plus forte dilatation thermique ou à plus forte dilatation que la première. La partie fixe peut alors être uniquement une surface sur laquelle ces structures peuvent venir s'appuyer.

5 Sur la figure 1, la référence 20 désigne une couche mince, par exemple une couche en silicium ou en germanium ou en Phosphure d'indium (InP), par exemple encore d'un substrat de type SOI.

10 L'ensemble repose sur un substrat 18, par exemple en silicium, ou en verre.

Le second niveau mécanique 12 ainsi que les plots de liaison 14 sont réalisés dans la même couche 20, sans collage ni report. Cette couche a par exemple été préalablement fabriquée (par déposition, épitaxie
15 ou tout autre méthode) sur un substrat de très bonne planéité, par exemple une planéité de quelques μm sur un diamètre de substrat de 100 mm ou 200 mm; la rugosité est par exemple inférieure à 5 nm.

Le substrat de départ assure une bonne
20 planéité de la surface réfléchissante, du fait de cette très bonne planéité. L'homogénéité de matériau entre les plots 14 et le niveau 12 permet de ne pas dégrader la surface optique par des effets de dilation différentiel entre les 2 matériaux. L'absence
25 d'interface entre les plots 14 et ce niveau 12 limite en outre les dégradations dues au procédé de réalisation.

Enfin, comme on le reverra plus loin, la faible épaisseur de l'ensemble membrane 12 - plots 14
30 permet de réaliser un composant de grande qualité, avec des défauts, tels que les empreintes optiques, limités.

Un procédé pour réaliser un système selon l'invention peut comporter les étapes illustrées schématiquement sur les figures 4A - 4C.

5 Un composant de départ est un substrat 50 portant une couche mince superficielle 60. Cette dernière est d'épaisseur faible, par exemple comprise entre 10 μm et 30 μm .

10 L'ensemble peut être par exemple un substrat SOI. Une structure SOI (abréviation de Silicon on Insulator, ou Silicium sur Isolant) comporte, typiquement, une couche de silicium, et sous laquelle est réalisée une couche enterrée d'oxyde de silicium, qui repose elle-même sur un substrat en silicium, qui joue le rôle de support mécanique. De telles structures
15 sont par exemple décrites dans FR - 2 681 472.

Le substrat 50 peut aussi être un substrat silicium recouvert d'un isolant et d'une couche de poly-silicium ; ce peut être aussi un substrat silicium recouvert de nitrure, ou un substrat silicium, ou en un
20 autre matériau semi-conducteur, dopé sur deux côtés, ou un substrat de verre recouvert de nitrure.

On procède à une gravure de plots 54 dans la couche 60, par une face du composant de départ dite face avant 51 (figure 4B).

25 Puis une gravure en face arrière 53 permet de dégager une membrane 52 (figure 4C) dans la couche 60. Ces deux étapes peuvent aussi être réalisées dans l'ordre inverse.

30 On obtient ainsi un ensemble de plots 54-membrane 52 en un seul matériau, les plots et la membrane étant formés intégralement, donc sans assemblage entre eux.

La couche dans laquelle sont réalisés les plots et la membrane 52 a une épaisseur E par exemple
35 comprise entre 5 μm et 20 μm ou 30 μm . La membrane 52

seule a une épaisseur e d'environ $1\mu\text{m}$ à $5\mu\text{m}$, qui assure une bonne souplesse en vue de sa déformation.

Des essais successifs permettent de déterminer un temps de gravure, afin de s'arrêter à la
5 bonne profondeur. Dans le cas d'une gravure RIE ou d'une gravure humide, on peut obtenir une homogénéité de $\pm 5\%$ avec les technologies actuelles.

Un dépôt réfléchissant peut ensuite être réalisé sur la surface extérieure 55 de la membrane 52.

10 Les moyens d'activation, ou une première partie de ces moyens, en l'espèce une couche 56 d'électrodes mobiles, peuvent ensuite être réalisés directement sur le substrat ainsi gravé, par exemple à l'aide d'une couche sacrificielle (figure 4D).

15 L'ensemble est ensuite assemblé avec un substrat 58 (figure 4E) sur lequel des électrodes fixes 57 ont été réalisées. Selon une variante, les électrodes mobiles, ou la couche 56 d'électrodes mobiles, peuvent aussi être réalisées sur le même
20 substrat que l'électrode fixe.

La figure 5A illustre le mode de réalisation qui vient d'être décrit dans le cas où le composant de départ est un composant SOI muni comportant une couche mince 501 de silicium, une couche
25 mince 502 d'isolant (en général du dioxyde de silicium) et un substrat 503 proprement dit, en silicium. Cette structure permet une gravure des plots et de la surface 52 dans la couche mince de silicium. Comme déjà expliqué ci-dessus, il y a d'abord gravure des plots
30 54, puis gravure du substrat 503 pour dégager la membrane 52 (figure 5A).

Ensuite peut être formée, directement sur la couche 501, une couche 56 d'électrodes mobiles.

L'ensemble obtenu, illustré en figure 5B, peut être assemblé avec un substrat tel que celui de la figure 4E.

Selon une variante illustrée en figure 6, on réalise la couche 56 d'électrodes mobiles directement sur un substrat 58, par exemple en silicium ou en nitrure de silicium recouvert d'un métal, sur lequel, comme expliqué ci-dessus en liaison avec la figure 4E, on a déjà réalisé des électrodes fixes 57. Les électrodes mobiles sont obtenues par scellement d'une couche mince 56 (par exemple en silicium ou en nitrure de silicium) sur un substrat contenant des cavités ; les événements 59 permettent d'équilibrer les pressions pendant le procédé et par la suite.

La référence 61 désigne une couche des moyens formant isolant électrique, par exemple une couche d'isolant électrique, qui permet de séparer les deux niveaux d'électrodes.

La structure de la figure 5A peut ensuite être assemblée avec celle de la figure 6 pour obtenir le composant voulu.

Un exemple détaillé d'une autre réalisation va être décrit en liaison avec les figures 7A à 7J.

Un substrat SOI 50 est tout d'abord utilisé pour réaliser une partie des actionneurs (électrode mobile) ainsi que la membrane optique. Ce substrat 50 (figure 7A) comporte une couche de matériau semi-conducteur 501 (par exemple du silicium d'épaisseur 15µm), une couche d'isolant 502 (par exemple du dioxyde

de silicium d'épaisseur $0,5\mu\text{m}$), et un substrat en matériau semi-conducteur 503 (par exemple du silicium d'épaisseur $500\mu\text{m}$).

Il est oxydé en surface (couches d'isolant 60, 61, figure 7B), pour former un masque de gravure.

La couche d'isolant 61 située en face arrière est gravée localement (figure 7C) en vue de l'étape ultérieure de gravure du substrat 503 qui permettra de définir ou de libérer la membrane.

La couche mince 501 est gravée partiellement (par exemple sur $10\mu\text{m}$, en gravure RIE) en face avant (figure 7D) pour réaliser les plots 54 de liaison entre moyens d'activation, par exemple des électrodes mobiles, et membrane optique.

Un dépôt d'oxyde 66, suivi d'une planarisation de l'oxyde (par exemple par PMC, polissage mécano chimique), permet d'avoir une surface plane pour la suite du procédé (figure 7E).

Une couche 68 de poly-silicium (épaisseur d'environ 1 à $2\mu\text{m}$) est déposée (figure 7F) et gravée en face avant pour réaliser les actionneurs (figure 7G).

La couche sacrificielle est ensuite éliminée par gravure HF de l'oxyde (figure 7H).

Puis (figure 7I) on grave le substrat 503, en face arrière, ce qui libère la membrane 52 et la couche 502.

Pour une membrane 52 de diamètre supérieur à 10 mm, et d'épaisseur inférieure à $5\mu\text{m}$, il est préférable, préalablement à l'étape de la figure 7I, d'oxyder les actionneurs, réalisés en face avant, avec la même épaisseur d'oxyde que celle de la couche 502,

et ce afin d'équilibrer les contraintes mécaniques sur cette membrane pendant la gravure face arrière.

Puis l'oxyde est retiré en face arrière (figure 7J) et en face avant.

5 En face arrière, la gravure sèche des membranes permet de réaliser des membranes optiques ; ainsi, l'oxyde enterré 502 du SOI est par exemple gravé en HF (figure 7J). Un dépôt métallique en face arrière 505 de la membrane obtenue par gravure permet de former
10 une surface réfléchissante.

 Comme illustré sur la figure 8, on réalise, sur un autre substrat 58 (par exemple en silicium), muni d'une couche 59 d'isolant (1µm d'oxyde thermique par exemple), des électrodes 57 en métal ainsi que des
15 pistes 70 et des plots d'adressage (non représentés sur la figure 8). Un isolant est ensuite déposé partout, puis gravé au niveau des plots d'adressage. Des butées 72 sont réalisées pour supporter la membrane optique et les actionneurs.

20 Les 2 substrats ou éléments ainsi formés sont ensuite assemblés pour former un composant. L'assemblage peut être maintenu mécaniquement, à l'aide de points de colle en périphérie. L'assemblage peut être fait composant contre composant ou substrat contre
25 substrat : autrement dit, on peut assembler en une seule fois plusieurs composants se trouvant sur le même substrat ou, préalablement, découper chaque composant et faire l'assemblage des composants un à un.

 On obtient alors un dispositif identique à
30 celui de la figure 1.

Dans le cas où le matériau semi-conducteur de la couche 501, utilisé pour former la membrane 52 est du silicium monocristallin, on obtient à la fois un très bon comportement mécanique de cette membrane, mais
5 aussi une faible rugosité (empreintes pic à pic inférieures à 100 nm) et une très bonne planéité. Les effets d'empreinte sont limités.

Des connexions électriques 74, 75 peuvent ensuite être réalisées latéralement, comme illustré sur
10 la figure 9, qui représente une vue de dessus de dispositif.

Ces électrodes fixes peuvent ensuite être reliées à des moyens d'alimentation en tension.

L'exemple qui vient d'être décrit concerne
15 une réalisation à partir d'un substrat SOI.

Selon un autre mode de réalisation, illustré en figure 10A, un substrat de départ 150 est en silicium ou en AsGa.

Il est dopé, de manière à comporter deux
20 zones latérales 151, 153, d'un premier type de dopage, qui entourent une zone ou couche intermédiaire 152 dopée à l'aide d'un deuxième type de dopage.

Les deux couches ou zones 153 et 152 ont, à elles deux, une épaisseur totale d'environ 10µm à 30µm,
25 par exemple 20µm.

Avantageusement, la différence de dopage entre le premier et le deuxième dopage est de l'ordre de grandeur de 10^7 cm^{-3} .

Par exemple le premier dopage est de
30 l'ordre de 10^{20} à 10^{21} cm^{-3} et le deuxième dopage est d'environ de 10^{14} cm^{-3} .

Les zones de dopages différents permettent d'effectuer des gravures sélectives : une première étape de gravure, dans la couche 153, permet de réaliser des plots 154. Puis une gravure de la zone 151 permet de dégager une membrane dans la couche 152.

Là encore, on a formé une partie du composant, sur lequel on peut former une couche de moyens d'activation, ou bien qui peut être assemblée avec un ensemble substrat - moyens d'activation, tel qu'illustré sur la figure 6. Les plots 154 et la membrane formée dans la couche 152 sont bien réalisées dans un même matériau, quand bien même les deux zones sont dopées différemment, et sans aucun élément de liaison entre les plots et la membrane. Là encore, on évite donc les problèmes posés par les techniques de l'art antérieur, à savoir les problèmes d'empreintes de plots et de mauvaise planéité ou de rugosité.

Les figures 11A à 11E donnent d'autres étapes de ce mode de réalisation.

Tout d'abord (figure 11A) un substrat 151 en silicium est réalisé, ou sélectionné. Il est dopé p^{++} , par exemple à 10^{21} cm^{-3} .

Puis (figure 11B) est réalisée une première épitaxie d'une couche 152, d'épaisseur E voisine de $20 \mu\text{m}$, par exemple comprise entre $10 \mu\text{m}$ et $30 \mu\text{m}$. Cette couche 152 en silicium est dopée p^- . Le dopant est par exemple du bore.

Une deuxième étape d'épitaxie (figure 11C) permet de faire croître une couche 153 en silicium p^{++} , par exemple à 10^{21} cm^{-3} .

On a ainsi obtenu une structure similaire à celle décrite ci-dessus en liaison avec la figure 10A.

Il est ensuite procédé à une gravure de plots 154 dans la couche 153, par exemple par un
5 procédé chimique par voie humide, notamment par un mélange de HNA (mélange d'acide sulfurique H_2SO_4 , d'acide fluorhydrique HF, et de HNO_3).

Enfin (figure 11E) une couche 162 de protection est déposée sur la couche 153 et les plots
10 154, un masque 160 est positionné en face arrière, et le composant est gravé en face arrière par gravure humide HNA, de manière à libérer une membrane dans la couche 152.

Le composant obtenu est similaire à celui
15 de la figure 10B, et peut dès lors être assemblé avec, par exemple, un substrat tel que celui de la figure 6. Selon une variante, une couche d'électrodes mobiles 156 est réalisée sur la couche 153 et les plots 154, l'ensemble étant ensuite assemblé avec un substrat tel
20 que celui de la figure 4E.

La figure 12 représente un agrandissement de deux plots 154 et d'une portion de la membrane 152. Ces plots sont ceux du mode de réalisation précédent, mais les considérations qui suivent peuvent s'appliquer
25 aux autres modes de réalisation.

Selon l'invention, quel que soit le mode de réalisation envisagé, l'épaisseur L de l'ensemble plots + membrane est par exemple compris entre 10 μ m et 30 μ m, par exemple encore d'environ 20 μ m. Du fait de
30 l'utilisation d'une technique de gravure, le rapport entre la hauteur B des plots et leur largeur A, tel

qu'illustrés sur la figure 12, est inférieur à 20. B étant compris entre 5 μm et environ 15 μm , A pourra être assez faible, par exemple de l'ordre de 1 μm , ou compris entre 0,5 et 1,5 μm . Il en résulte que la souplesse de la membrane, d'épaisseur comprise entre 1 μm , ou 5 μm , et 10 μm , n'est guère affectée par la présence des plots sur un de ses côtés. Les plots sont par exemple espacés d'environ 500 μm .

L'invention permet donc de réaliser des motifs de petite taille. L'empreinte optique du dispositif est donc minime, ce qui lui confère une grande qualité, à la différence des motifs qui peuvent être obtenus par gravure dans des substrats épais, par exemple d'épaisseur voisine de 200 μm . Selon l'invention, L est beaucoup plus faible que 200 μm puisqu'elle ne correspond pas à l'épaisseur totale du substrat mais seulement à une fraction de ce substrat.

L'invention s'applique au domaine de l'optique adaptative, ou encore à la réalisation de micro-miroirs.

Dans le cas d'un micro-miroir de scanner ou de déviation de faisceau, ou de pointage, il n'y a pas de nécessité de produire beaucoup de force sur la partie optique, mais il peut être important de produire un angle significatif.

La partie mécanique optique pourra aussi être choisie très rigide pour ne pas se déformer et la partie mobile pourra être alors choisie souple pour satisfaire les exigences de l'actionneur.

REVENDICATIONS

1. Procédé de réalisation d'un système d'actionnement pour un composant optique comportant :
- la gravure d'une première face (51) d'un composant, pour y former des plots (14, 54, 154),
 - la gravure d'une deuxième face (53) du composant, pour dégager une membrane (12, 52, 152) dans le même matériau que les plots,
 - la réalisation des moyens (16, 17, 30, 32, 56, 57) d'actionnement des plots et de la membrane.
2. Procédé selon la revendication 1, la membrane et les plots ayant une épaisseur totale inférieure à 30µm, ou comprise entre 5µm et 15 µm.
3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, le composant étant en un matériau semi-conducteur ou en verre (51), et étant muni d'une couche superficielle (60) de matériau semi-conducteur ou de nitrure dans lequel les plots et la membrane sont gravés.
4. Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, le composant étant de type SOI, comportant une couche superficielle de silicium (501), une couche d'isolant (502) et un substrat (503), les plots et la membrane étant réalisés dans la couche superficielle de silicium.
5. Procédé selon la revendication 1 ou 2, le composant étant un substrat silicium recouvert d'une couche d'isolant et d'une couche de poly-silicium ou un

substrat silicium recouvert d'une couche de nitrure, les plots et la membrane étant réalisés respectivement dans la couche d'isolant ou de poly-silicium ou de nitrure.

5

6. Procédé selon la revendication 1 ou 2, le composant étant un substrat silicium dopé sur deux côtés (151, 153), la membrane et les plots étant réalisés dans des portions (152, 153) dopées
10 différemment l'une de l'autre.

15

7. Procédé selon l'une des revendications 1 à 6, les moyens d'actionnement étant de type électrique ou magnétique ou thermique ou piézo-électrique.

20

8. Procédé selon l'une des revendications 1 à 6, les moyens d'actionnement étant de type électrique et comportant une ou plusieurs électrodes mobiles (16, 56), liées aux plots de dispositif, et une ou plusieurs
20 électrodes fixes (17, 57).

25

9. Procédé selon l'une des revendications 1 à 6, les moyens d'actionnement étant de type magnétique et comportant une ou plusieurs bobines (30) ou aimants
25 mobiles, lié(e)s aux plots de dispositif, et un ou plusieurs aimants (32) ou bobines fixes.

30

10. Procédé selon l'une des revendications 1 à 9, comportant en outre une étape de réalisation, sur les plots, d'une première partie (56) des moyens
d'actionnement.

11. Procédé selon la revendication 10, comportant en outre une étape d'assemblage avec un deuxième substrat (58) sur lequel est réalisée une deuxième partie (57) des moyens d'actionnement, qui coopère avec la première partie pour actionner les plots et la membrane.

12. Procédé selon l'une des revendications 1 à 9, les moyens d'actionnement (16, 17, 30, 32, 56, 57) étant réalisés par une étape d'assemblage de la membrane et des plots avec un deuxième substrat (58) sur lequel ces moyens ont été préalablement formés.

13. Procédé selon l'une des revendications 1 à 12, les plots ayant largeur, ou une base de largeur, inférieure à 2 μm .

14. Procédé de réalisation d'un composant optique comportant la réalisation d'un système d'actionnement selon l'une des revendications 1 à 13, et la formation de moyens réfléchissants sur la membrane.

15. Système d'activation mécanique, pour un composant optique, comportant :

- une membrane (12, 52, 152) munie sur une de ses faces de plots (14, 54, 154) intégralement formés avec la membrane,
- des moyens (16, 17, 30, 32, 56, 57) d'actionnement des plots et de la membrane.

16. Système selon la revendication 15, la membrane et les plots ayant une épaisseur totale inférieure à 30µm ou comprise entre 5µm et 30µm.

5

17. Système selon les revendications 15 ou 16, les plots et la membrane étant réalisés dans une couche superficielle (60) de matériau semi-conducteur ou de nitrure, formée sur un matériau semi-conducteur ou en verre (50).

10

18. Système selon l'une des revendications 15 à 17, les plots et la membrane étant réalisés dans la couche superficielle (501) de silicium d'un composant de type SOI.

15

19. Système selon la revendication 15 ou 16, les plots et la membrane étant réalisés dans une couche superficielle de poly-silicium ou de nitrure reposant soit directement sur un substrat, soit sur une couche isolante reposant elle-même sur un substrat.

20

20. Système selon la revendication 15 ou 16, les plots et la membrane étant réalisés dans des zones (152, 153) dopées différemment d'un substrat semi-conducteur.

25

21. Système selon l'une des revendications 15 à 20, les moyens d'actionnement étant de type électrique ou magnétique ou thermique.

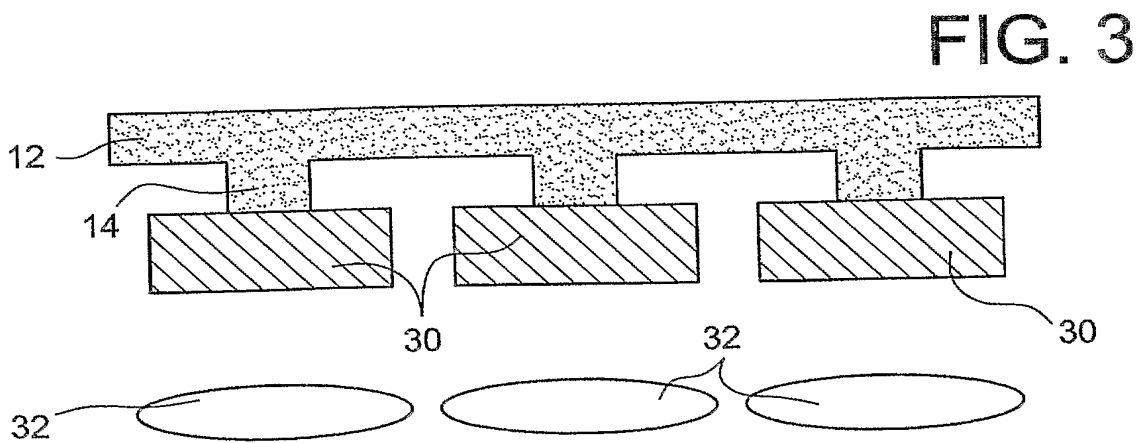
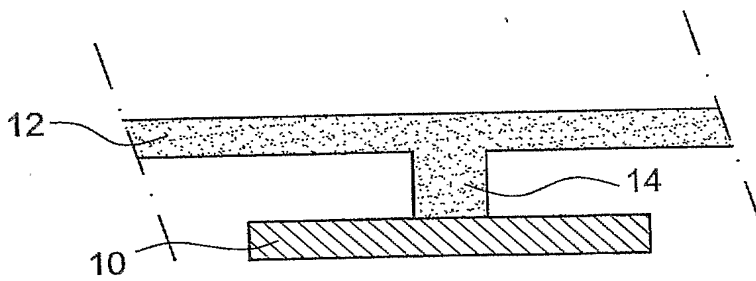
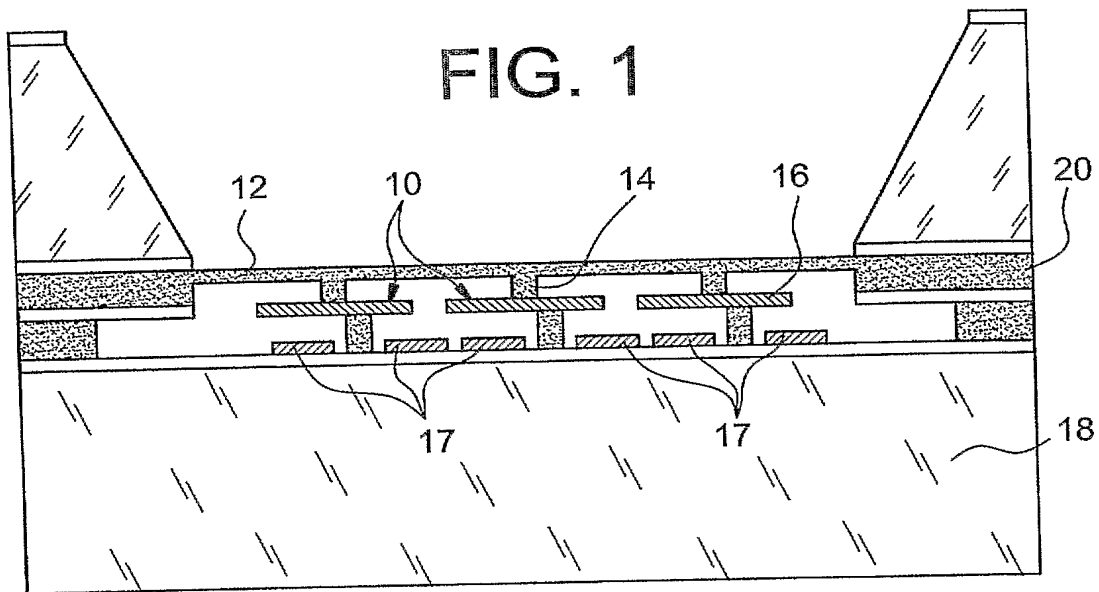
30

22. Système selon l'une des revendications
15 à 20, les moyens d'actionnement étant de type
électrique et comportant une ou plusieurs électrodes
mobiles (16, 56), liées aux plots de dispositif, et une
5 ou plusieurs électrodes fixes (17, 57).

23. Système selon l'une des revendications
15 à 20, les moyens d'actionnement étant de type
magnétique et comportant une ou plusieurs bobines ou
10 aimants mobiles (30), lié(e)s aux plots de dispositif,
et un ou plusieurs aimants ou bobines fixes (32).

24. Système selon l'une des revendications
15 à 23, les plots ayant largeur, ou une base de
15 largeur, inférieure à 2 μm .

25. Composant optique comprenant un système
d'activation selon l'une des revendications 15 à 24, et
des moyens réfléchissants sur la membrane.
20



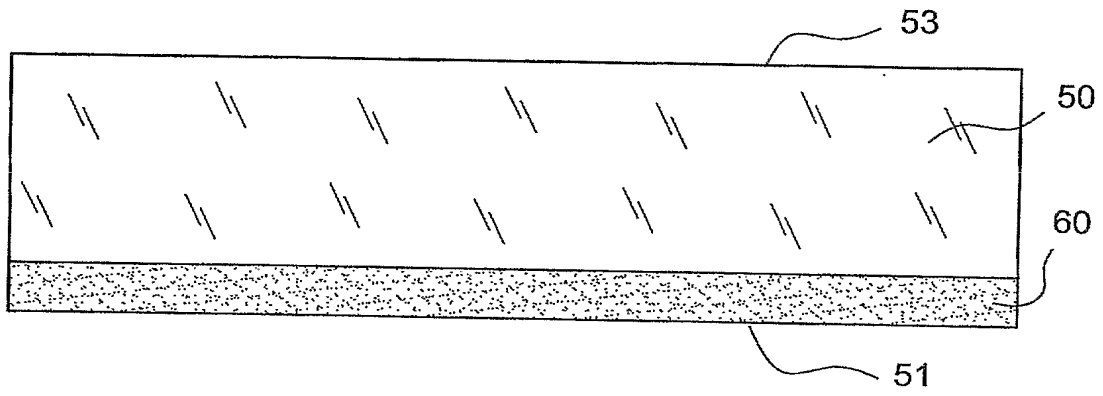


FIG. 4A

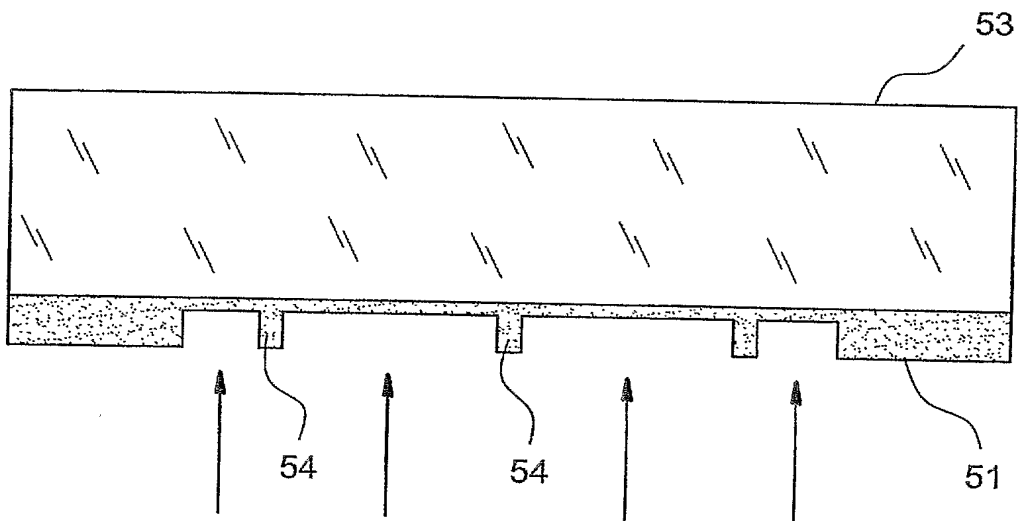


FIG. 4B

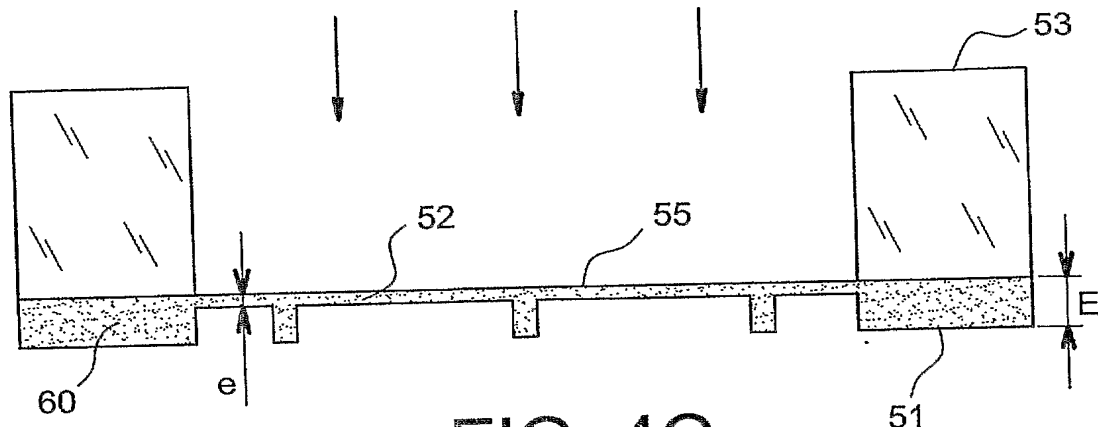


FIG. 4C

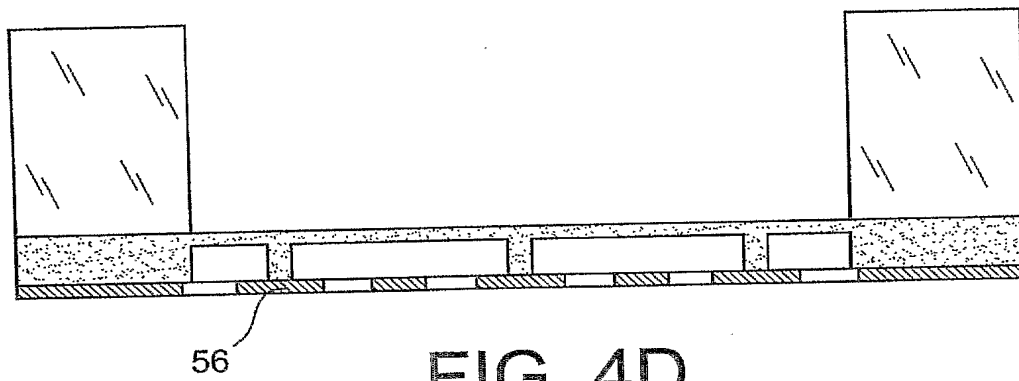


FIG. 4D

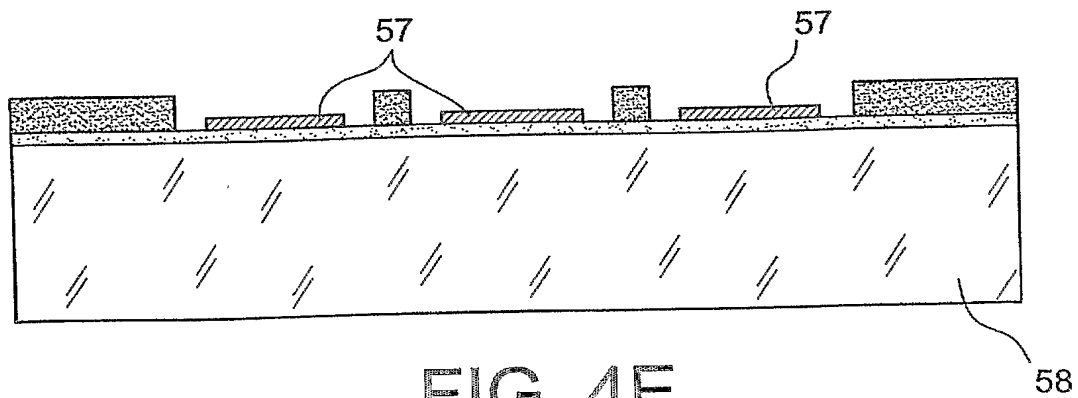
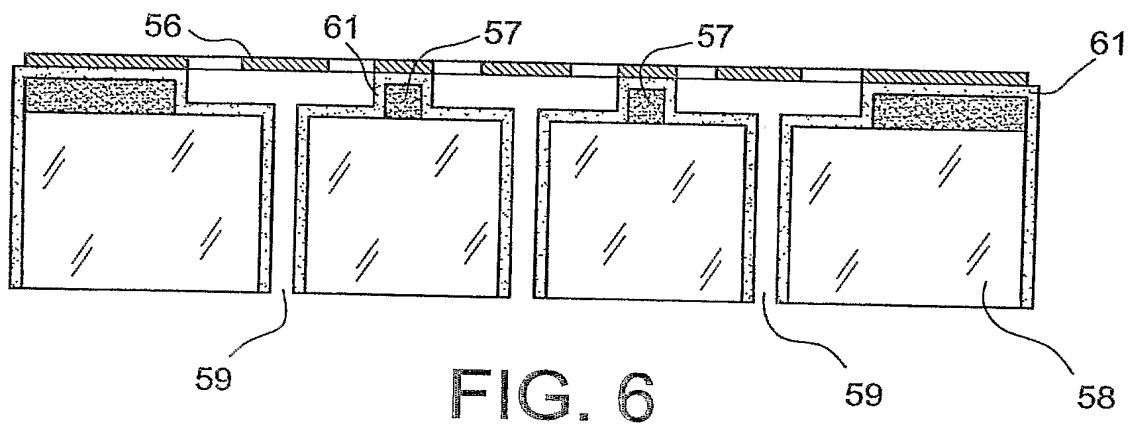
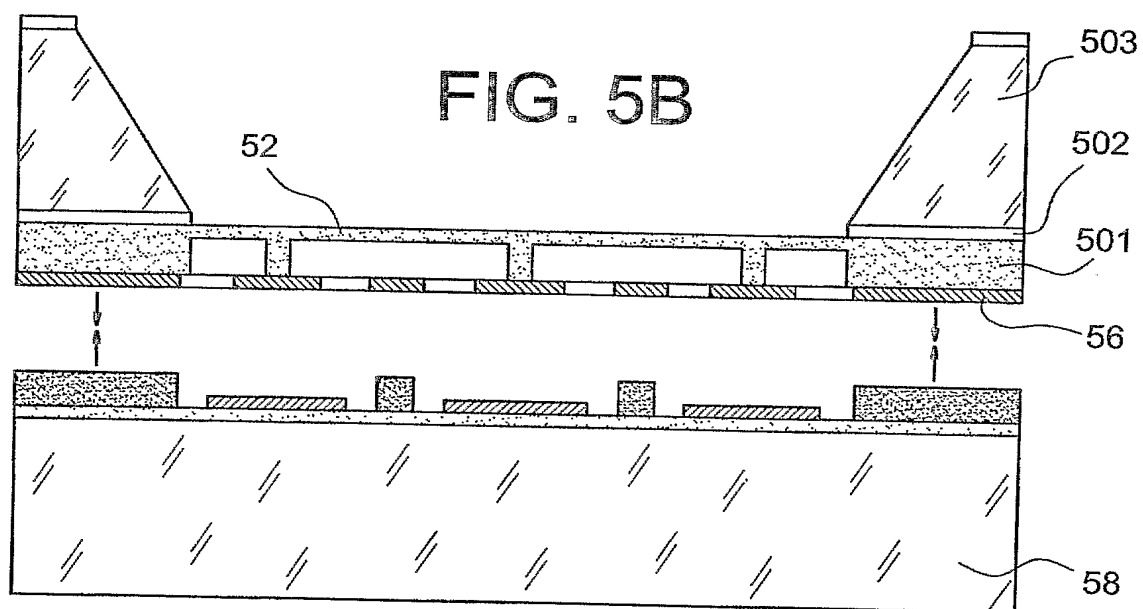
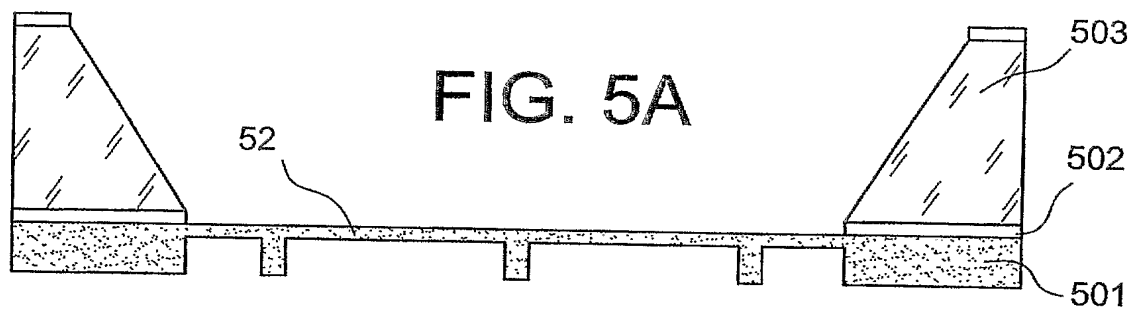


FIG. 4E



5 / 10

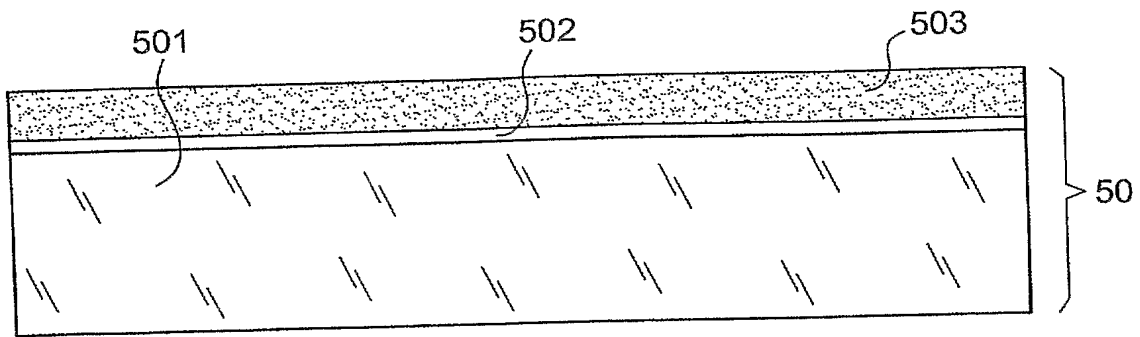


FIG. 7A

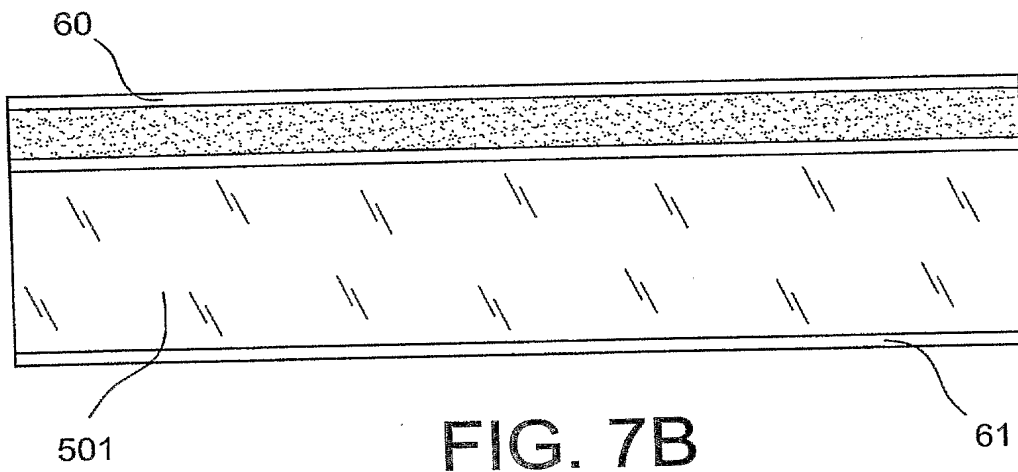


FIG. 7B

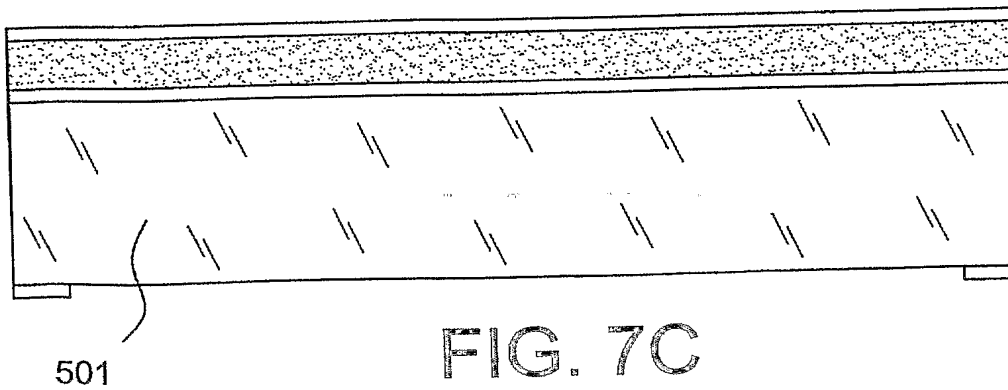


FIG. 7C

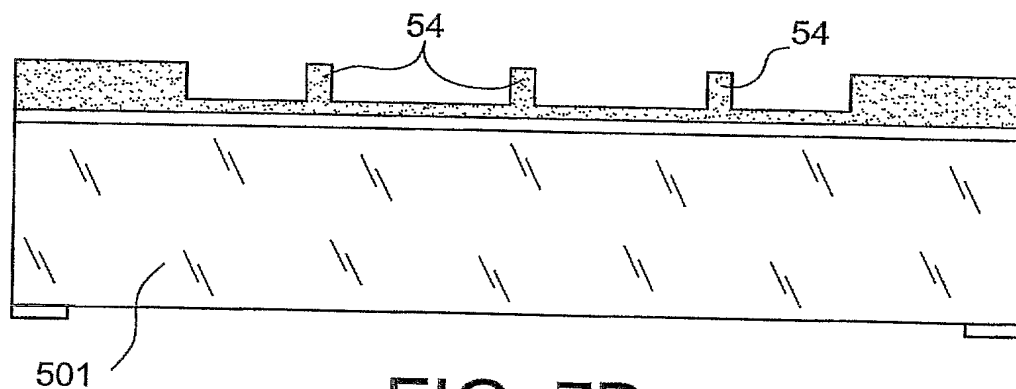


FIG. 7D

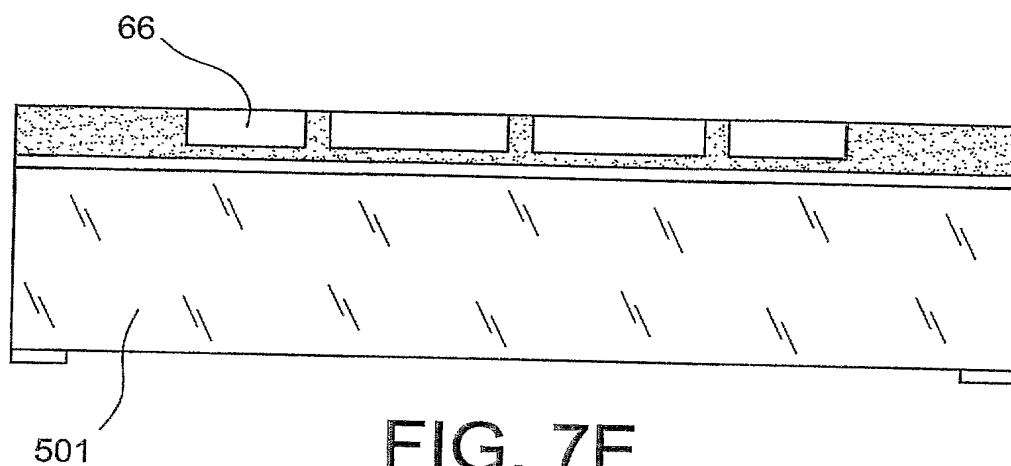


FIG. 7E

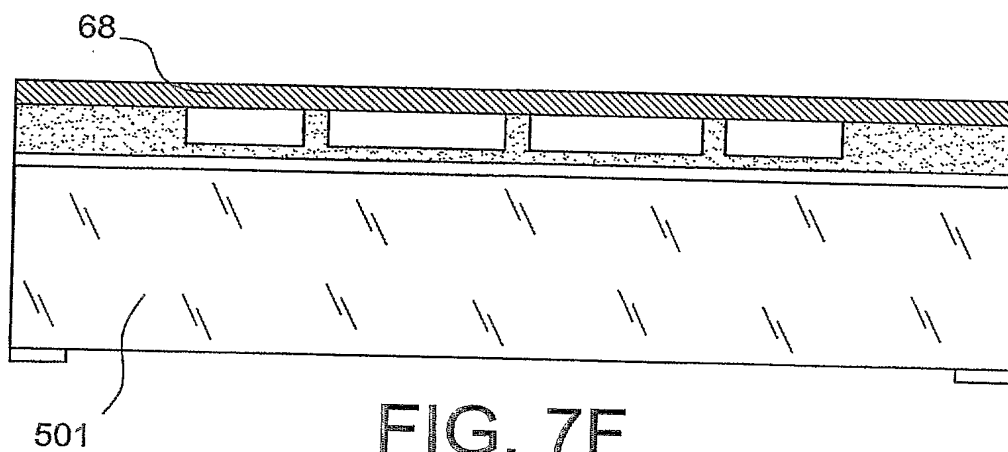
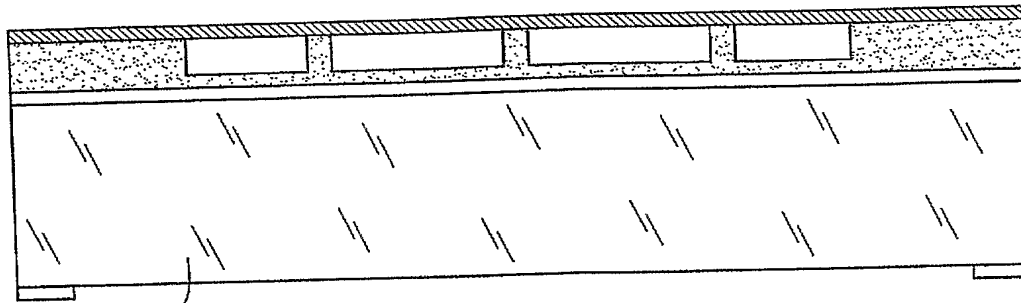
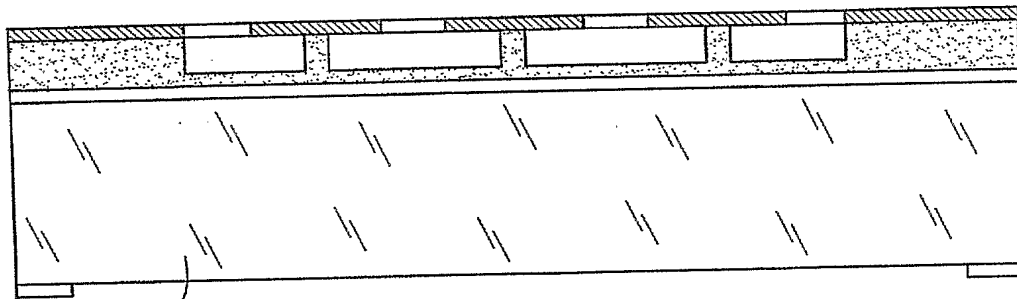


FIG. 7F



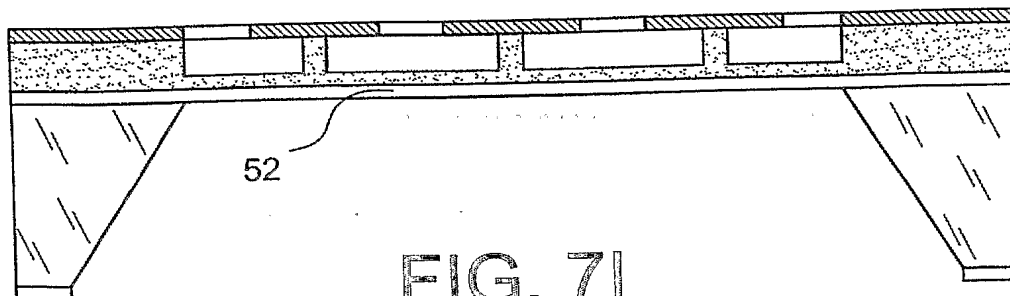
501

FIG. 7G



501

FIG. 7H



52

FIG. 7I

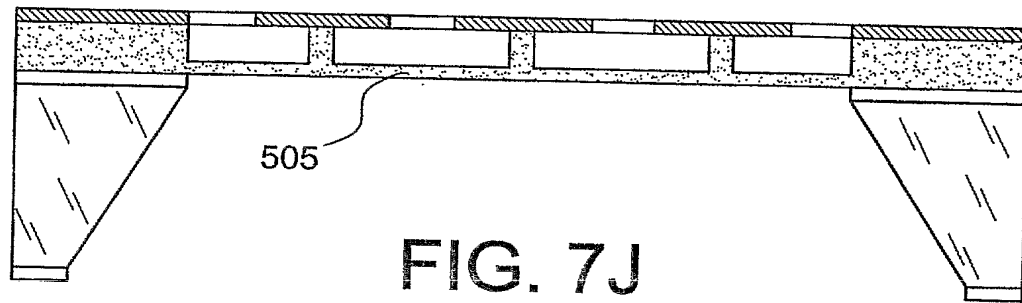


FIG. 7J

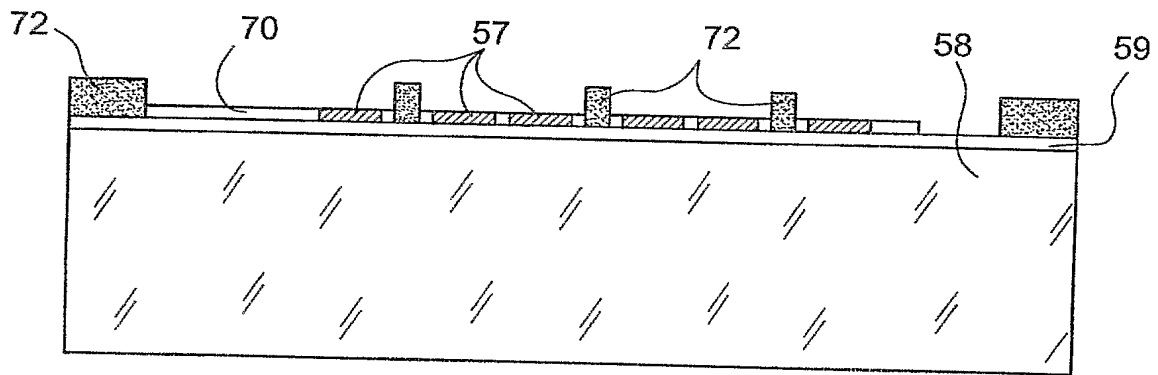


FIG. 8

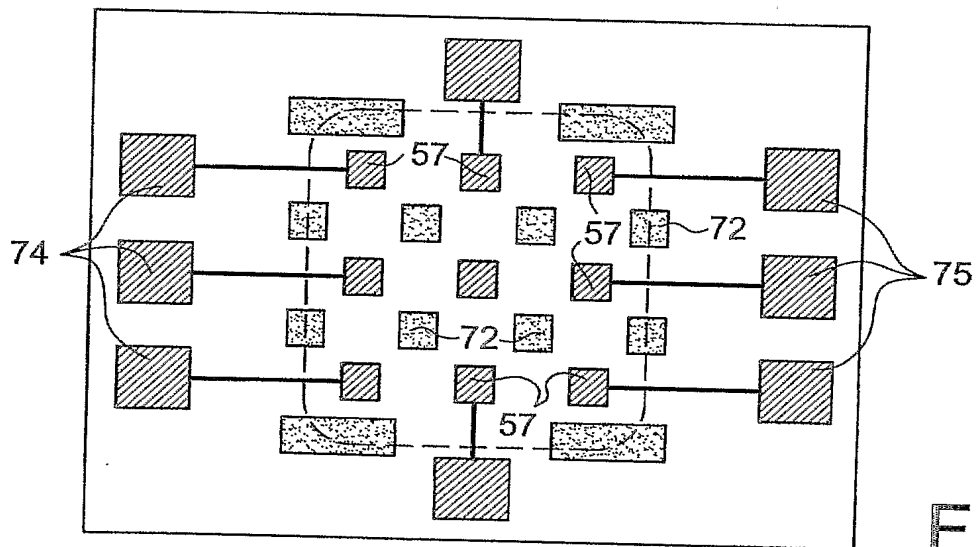


FIG. 9

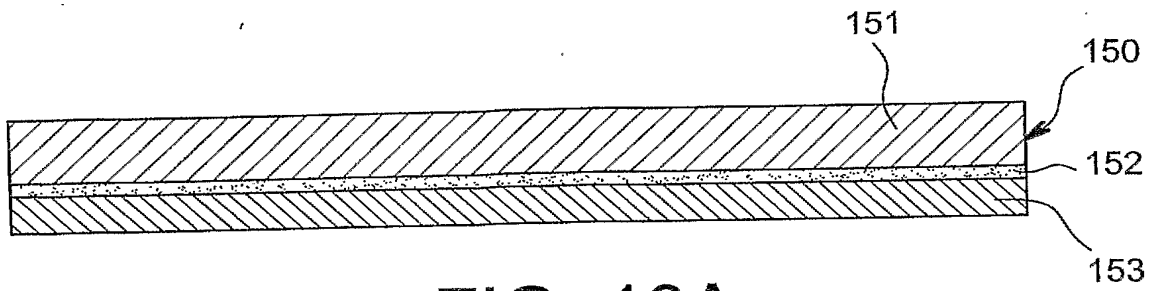


FIG. 10A

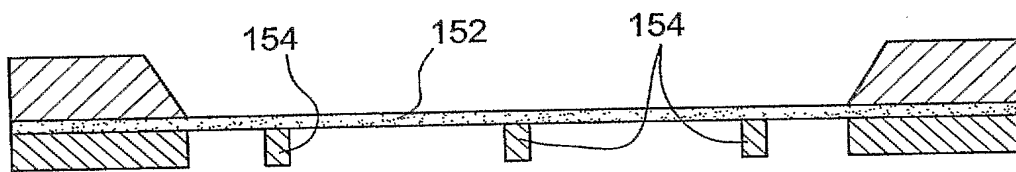


FIG. 10B

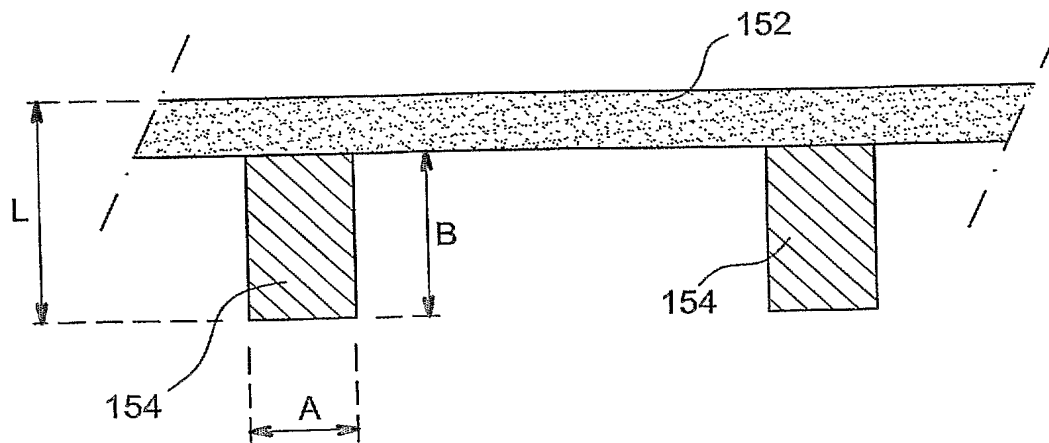


FIG. 12

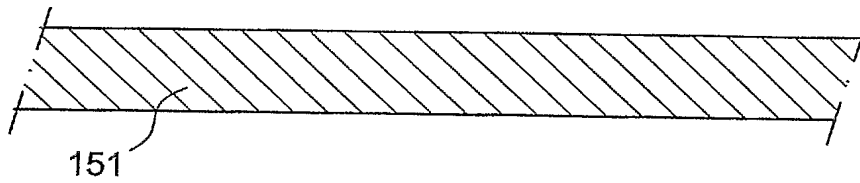


FIG. 11A

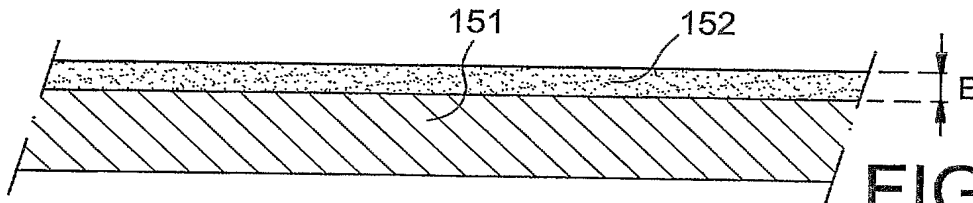


FIG. 11B

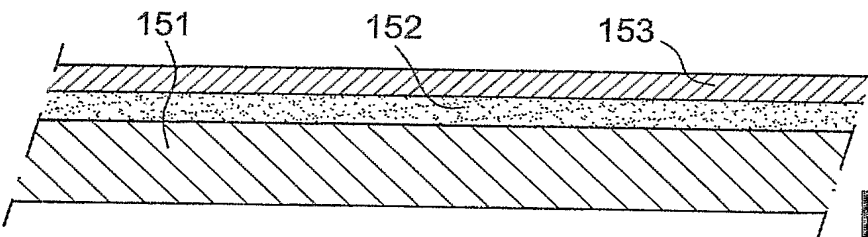


FIG. 11C

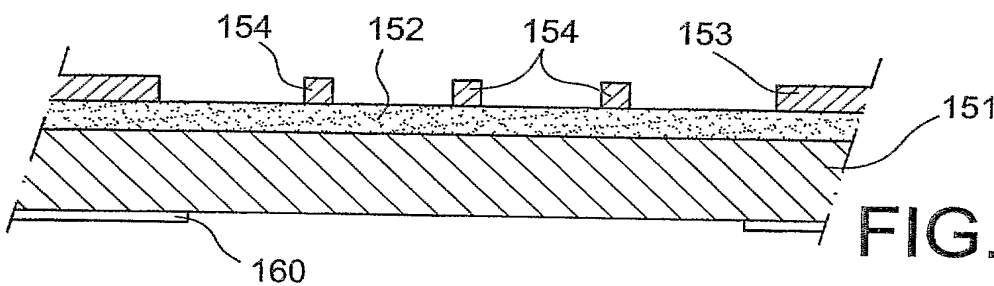


FIG. 11D

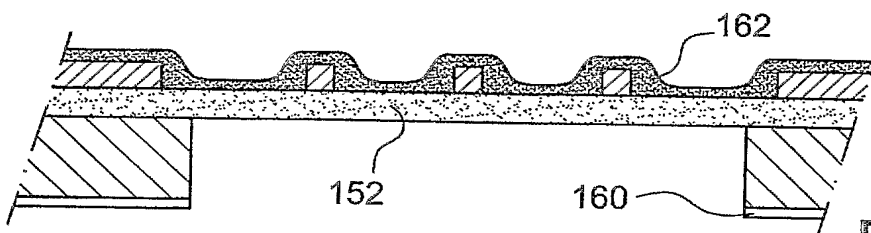


FIG. 11E

**BREVET D'INVENTION****CERTIFICAT D'UTILITÉ**

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI



DÉPARTEMENT DES BREVETS

26 bis, rue de Saint Pétersbourg
75800 Paris Cedex 08

Téléphone : 33 (1) 53 04 53 04 Télécopie : 33 (1) 42 94 86 54

DÉSIGNATION D'INVENTEUR(S) Page N° 1../1..(À fournir dans le cas où les demandeurs et
les inventeurs ne sont pas les mêmes personnes)

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 113 @ W / 270601

Vos références pour ce dossier (facultatif)		B 14448/PM
N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL		03.51209 DU 26.12.2003
TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum)		
COMPOSANTS OPTIQUES ET LEUR PROCEDE DE REALISATION.		
LE(S) DEMANDEUR(S) :		
COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE 31-33 rue de la Fédération 75752 PARIS 15 ème.		
DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) :		
1	Nom	DIVOUX
	Prénoms	Claire
Adresse	Rue	8 rue Marceau
	Code postal et ville	3 8 0 0 0 GRENOBLE
Société d'appartenance (facultatif)		
2	Nom	VAUDAINÉ
	Prénoms	Marie-Hélène
Adresse	Rue	1 rue du Pied du Côteau
	Code postal et ville	3 8 1 8 0 SEYSSINS
Société d'appartenance (facultatif)		
3	Nom	ENOT
	Prénoms	Thierry
Adresse	Rue	10 chemin des Tourterelles
	Code postal et ville	3 8 1 9 0 VILLARD-BONNOT
Société d'appartenance (facultatif)		
S'il y a plus de trois inventeurs, utilisez plusieurs formulaires. Indiquez en haut à droite le N° de la page suivi du nombre de pages.		
DATE ET SIGNATURE(S) DU (DES) DEMANDEUR(S) OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire) PARIS LE 04 MARS 2004 J. LEHU		

PCT/FR2004/050758

